PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 38. 23. Juni 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:

F. Campanile und G. di Ciomme, Über die durch X-Strahlen verursachte Entladung eines Kondensators. S. 401.

E. Ruhmer, Über eine schraubenförmige Entladung des Induktionsfunkens in einer mässig evakuierten Glasröhre. S. 407.

Zusammenfassende Bearbeitungen:

R. Schenck, Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen über die flüssigen Krystalle. S. 409.

Referate:

Der Telephonograph. S. 413.

Besprechungen:

Drude, Lehrbuch der Optik. S. 415.

Personalien. S. 416.

Gesuche. S. 416.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die durch X-Strahlen verursachte Entladung eines Kondensators.

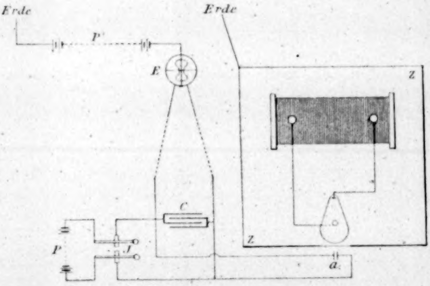
Von Filippo Campanile und Giuseppe di Ciomme.

Es ist bekannt, dass die Abnahme des Potentials bei der spontanen Entladung eines Kondensators mit dem Potential der Ladung geringer wird; andrerseits weiss man, dass die Wirkung der X-Strahlen auf die Entladung eines elektrisch gemachten Körpers mit dem Potential der Ladung geringer wird; doch giebt es unseres Wissens keinerlei Untersuchungen, welche feststellen, ob die Abnahme bei den beiden oben genannten Arten von Entladungen gleichen Verlauf habe, nämlich ob die Entladung, die bei X-Strahlen in Folge der von der Luft angenommenen Leitungsfähigkeit vor sich geht, mit der Art der Entladung vergleichbar ist, die durch den natürlichen Verlust durch die Luft selbst und durch die Stützen verursacht wird. Um zu der Lösung dieser Frage beizutragen, haben wir im ersten Teile dieses Aufsatzes die Entladung zwischen zwei Oberflächen untersucht, welche den X-Strahlen ausgesetzt und im Nebenschluss zu den Belegungen eines Kondensators gelegt sind, dessen Ladungspotential verändert wird. Im zweiten Teile wird uns die Entladung zwischen zwei Oberflächen bei veränderter Kapazität des Kondensators beschäftigen.

I.

Entladung eines Kondensators durch zwei Oberflächen, die im Nebenschluss zu seinen Belegungen liegen, und den X-Strahlen bei veränderlichem Potential ausgesetzt sind.

Die experimentelle Anordnung wird durch folgende Figur deutlich werden:



P bedeutet eine Batterie von 40 kleinen Daniellschen Elementen, die auf Paraffin isoliert sind.

I = doppelter Feder-Unterbrecher.

C = Kondensator (Paraffin Mikro-Farad von der Firma Elliot), die kleinste Unterabteilung beträgt 0,05 mf.

E = Quadrant-Elektrometer mit magnetischer Dämpfung von Villari.[1])

P' = Batterie von 100 Voltaschen Elementen, auf Paraffin isoliert; der eine Pol befindet sich am Zeiger von E, der andere an der Erde.

a = Oberflächen, die den X-Strahlen ausgesetzt sind; sie sind in Nebenschluss mit den Belegungen des Kondensators und mit dem Elektrometer[2]) verbunden.

1) Der Zeiger dieses Elektrometers besteht aus drei parallelen Nadeln, eine innen, zwei aussen am Quadrantenpaare; sie werden durch einen Aluminiumfaden getragen und hängen an einem sehr feinen Silberfädchen. Unten tragen sie ein Aluminiumeimerchen, welches sich zwischen den Polen eines Hufeisenmagneten dreht. Dieses Elektrometer ist ausreichend aperiodisch und bequem im Gebrauch.

2) Bei einigen Versuchen bestanden die Oberflächen, die den X-Strahlen ausgesetzt wurden, aus zwei Kupferspitzen, die auf Paraffin isoliert waren, die X-Strahlen wurden von einem Brennpunkt ausgesandt; bei anderen Versuchen aus zwei Blech-

zz = Metallkasten, in welchem die Röhre, welche die X-Strahlen aussendet, sowie alle zur Erzeugung der X-Strahlen gehörigen Apparate enthalten sind, einbegriffen die Akkumulatoren, welche die Induktionsspule treiben. Dieser vollständig geschlossene Kasten ist mit der Erde in Verbindung gebracht; so sind Elektrometer und Kondensator vor den störenden Einflüssen der Crookesschen Röhre und der Induktionen geschützt, wovon wir uns übrigens während der Versuche stets überzeugten. In der dem Elektrometer und dem Kondensator entgegengesetzten Kastenseite befindet sich ein Loch von 10 cm Durchmesser, welches durch ein Aluminium-Plättchen von 0,3 mm Dicke verschlossen ist; vor diesem werden die Oberflächen a exponiert.

Wir lassen nun J herab, nachdem wir bei P die passende Zahl von Elementen eingeschaltet haben; C wird bis zu einem Potential geladen, das mit E gemessen wird; steht nun der Zeiger von E ruhig, so wurde J aufgehoben, derart, dass nach Ausschaltung der Batterie der isolierte Kondensator in Nebenschluss mit den Oberflächen a und mit dem Elektrometer bleibt, mit welchem das Sinken des Potentials, welches durch natürlichen Verlust und durch die Einwirkung der X-Strahlen auf a entsteht, gemessen wird.

Wir haben diese Operationen bei verschiedenen Potentialen wiederholt.

Vielleicht ist es nützlich, hier zu bemerken, dass das Quadranten-Elektrometer wegen seiner grossen Empfindlichkeit ganz besonders für Messungen bei niedrigen Potentialen geeignet ist. Zwar erfahren wir, wenn wir das Sinken des Potentials nach dem Zurückgehen der Nadel bemessen, streng genommen nicht genau das Richtige. Die Nadel besitzt nämlich eine gewisse Trägheit, wenn sie sich in Bewegung setzt, und zeigt während des Zurückgehens eine geringe Beschleunigung (die Wirkung ist gering, weil das Elektrometer mit magnetischer Dämpfung versehen ist). Übrigens haben wir durch verschiedene Versuchsanordnungen den ersten dieser Fehler auszugleichen und den zweiten so viel als möglich zu verringern gesucht, wie man in der Folge sehen wird.

Nun kommt zu der Bewegung der Nadel, welche dem natürlichen Sinken des Potentials entspricht, noch der Einfluss der entladenden Wirkung der X-Strahlen; es könnte daher notwendig scheinen, die Zeit zu bestimmen, in welcher die X-Strahlen zu wirken anfangen; festzustellen, ob dieselben schon vor der Messung und um wieviel vor der Messung des Potentialabfalles, oder ob sie gleichzeitig mit der Messung anfangen, ihren Einfluss auszuüben, damit die oben beschriebene Verzögerung und Beschleunigung die Resultate der durch die X-Strahlen verursachten Entladung nicht stören. Diese letzte Bemerkung kann durch den Umstand um so gerechtfertigter erscheinen, dass wir besonders bei den höchsten Potentialen ein Zögern vor dem Rückgang der Nadel festgestellt haben; zuweilen schien es sogar, als wollte sie bei Beginn der Wirkung der X-Strahlen wieder in die Höhe gehen. Wir behalten uns vor, den Grund dieser letzten Erscheinung in einem späteren Aufsatz zu erklären. Um jetzt beim Gegenstand zu bleiben, können wir sogleich sagen, dass die Resultate, obwohl wir in der verschiedensten Weise vorgingen, das heisst, indem wir die X-Strahlen bedeutend vor oder gleichzeitig mit der Messung wirken liessen, in ihrer Gesamtheit unter sich nicht abweichen, wie wir bald zeigen werden. Hieraus kann man schliessen, dass obwohl beim Rückgang der Nadel die obengenannten Anomalien vor sich gehen, dieselben sich doch in den Grenzen der Messungen in gewisser Weise kompensieren. In den folgenden Tabellen ist die Abnahme des Ladungspotentials bei der Veränderung seines Wertes auf die Zeiteinheit bezogen (Sekunde); wir nennen sie daher unitarische Abnahme. Um dieselbe zu bestimmen, wäre die einfachste Methode gewesen, die Zeit zu messen, die der Zeiger brauchte, um eine gewisse Zahl n von Teilstrichen der Skala bei verschiedenen Potentialen herabzugehen, entweder bei der rein spontanen Entladung, oder bei dieser zusammen mit der durch die X-Strahlen bewirkten, um aus den aufeinander folgenden Zeitmaassen die unitarische Abnahme zu entnehmen, wie in kurzem gesagt werden wird. Aber dieser Methode haftet folgender Mangel an: sie hätte zur Bestimmung von allzu kleinen Zeiträumen bei hohen Potentialen und von allzu grossen bei niedrigen Potentialen geführt. Wir haben deshalb folgende Methode angewandt: wir haben bei einem gewissen Potential und in einer gewissen Zeit t' [1]) die Teilstriche, die der Zeiger sank, bestimmt, sodann bestimmten wir die Zeit t, die der Zeiger brauchte, um dieselbe Abnahme n zu erreichen, wenn zu der Wirkung der spontanen Entladung noch die durch die X-Strahlen hervorgerufene hinzukam. Nehmen wir nun an, dass innerhalb der Grenzen der Messungen Proportionalität zwischen den Zeiträumen und den Abnahmen des Potentials besteht, so geht, ohne merklichen Irrtum, daraus hervor, dass

scheiben von $6{,}5 \times 9{,}5$ cm Grösse, die gleichfalls auf Paraffin isoliert und etwa 2 cm von einander entfernt waren. Die Scheiben standen parallel zur Ausbreitung der X-Strahlen, die von einer birnförmigen Crookesschen Röhre ausgingen.

1) Die Zeiträume sind mittels eines Sekundenstechers von der Firma Bréguet berechnet, der den 5. Teil einer Sekunde angiebt, und den 10. abzuschätzen gestattet.

$$\frac{n}{t} \qquad 1)$$

die unitarische Abnahme darstellt, die bei jenem Potential der spontanen Entladung zuzuschreiben ist, und dass

$$\frac{n - \frac{n}{t}\, t_1}{t_1} \qquad 2)$$

die unitarische Abnahme, die allein der Wirkung der X-Strahlen zu verdanken ist, ausdrückt.

Die Formel 2) hat zur Voraussetzung, dass die spontane Entladung, wenn die nächste Messung bei Einwirkung der X-Strahlen geschieht, nicht verändert ist,

Um auch unvermeidlichen Variationen Rechnung zu tragen, wurde nach der zweiten Messung noch eine dritte vorgenommen, durch welche die Zeit t' bestimmt wurde, in welcher die Abnahme n durch spontane Entladung erreicht wurde, und in den Formeln 1) und 2) wurde für t das Mittel von t und t' eingesetzt.

Den Verlauf der unitarischen Abnahmen bei spontaner und bei nur durch X-Strahlen bewirkter Entladung kann man aus folgenden Tabellen ersehen, welche wir aus einer grossen Reihe von Messungen ausgewählt haben.

Tabelle I.

α) Nachdem der Zeiger von E mit dem — Pol von F' geladen ist, werden die X-Strahlen gleichzeitig mit der Messung ausgesandt. Die aufeinander folgenden Potentiale werden dadurch erzielt, dass C jedes Mal mit einer geeigneten Zahl von Elementen von P geladen wird.

Tabelle II.

Nachdem der Zeiger von E mit dem + Pol von P geladen ist, wirken die X-Strahlen wie bei den Maassen von Tabelle I.

Man kann hieraus ersehen, dass die unitarischen Abnahmen, wie das auch zu erwarten ist, mit dem Potential abnehmen; die Abnahme geht bei der spontanen Entladung aber schneller vor sich als bei der nur durch X-Strahlen verursachten Entladung. Man kann dies aus dem Vergleich der Verhältniszahlen auf derselben Horizontale in Spalte 7 und 8 ersehen.

Wir machen darauf aufmerksam, dass mit einigen seltenen Ausnahmen[1] die Verhältniszahlen von Spalte 7 und 8 vom höchsten Potential an nach dem niedrigsten hin steigen.

Tabelle III.

β) Nachdem der Zeiger von E — geladen ist, werden die X-Strahlen bei den verschiedenen Potentialen 5 Teilstriche vor der Messung ausgesendet.

Wie man sieht, weichen die Resultate dieser Tabelle nicht von den in der I. und II. Tabelle aufgeführten ab. Der Kürze halber führen wir

1) Ausser den unvermeidlichen Störungen am Elektrometer muss das eine oder andere von den abweichenden Resultaten der nicht exakten Gleichmässigkeit in der Aussendung der X-Strahlen bei Anwendung von Spulen mit gewöhnlichen Unterbrechern zugeschrieben werden.

Tabelle I.

Entladung nach Teilstrichen	Werte von n	Entladungszeit		Unitarische Abnahme		Successive Verhältniszahlen		Verhältnis zwischen erster und letzter unitarischer Abnahme	
		ohne X-Str.	mit X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.
Von 300 bis 279,2	20,8	2'00" 2'24",2	1'39"	0,158	0,0524				
						1,40	1,18		
Von 250 bis 236,5	13,5	2'00" 1'59"	1'25",8	0,1129	0,0444				
						1,88	1,35		
Von 150 bis 142,8	7,2	2'00" 2'2"	1'17",8	0,0595	0,0329				
						1,51	1,32	17,6	7,9
Von 100 bis 94,9	5,1	2'00" 2'16",2	1'19",8	0,039	0,025				
						2,31	1,95		
Von 50 bis 48	2	2'00" 1'58"	1'7",2	0,017	0,0128				
						1,93	1,85		
Von 25 bis 23,9	1,1	2'00" 2'8",8	1'10"	0,0088	0,0069				

die Resultate, die beim + geladenen Zeiger erzielt worden, hier nicht auf.

Tabelle IV.

γ) Der Zeiger von *E* wird + geladen; wir lassen die X-Strahlen eine gewisse Anzahl von Teilstrichen vor dem Messungspotential wirken, sodass ihr Einfluss bei den verschiedenen Potentialen und vor den respektiven Messungen während derselben Zeit thätig ist. Die

Tabelle II.

Entladung nach Teilstrichen	Werte von *n*	Entladungszeit		Unitarische Abnahme		Successive Verhältniszahlen		Verhältnis zwischen erster und letzter unitarischer Abnahme	
		ohne X-Str.	mit X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.
Von 200 bis 183	17	2'00'' 2'5'',4	1'31''	0,139	0,048				
						1,10	0,94		
Von 170 bis 156,2	13,8	2'00'' 1'57''4	1'21'',6	0,117	0,052				
						1,18	1,13		
Von 145 bis 133	12	2'00'' 2'3'',6	1'22'',8	0,099	0,046				
						1,32	1,02		
Von 110 bis 101	9	2'00'' 1,59'',4	1'14'',9	0,075	0,045			6,43	2,82
						1,34	1,36		
Von 80 bis 73	7	2'00'' 2'8'',4	1'18'',6	0,056	0,033				
						1,37	1,27		
Von 58 bis 52,7	5,3	2'00'' 2'14''6	1'18''	0,041	0,026				
						1,90	1,53		
Von 30 bis 27,4	2,6	2'00'' 2'00''4	1'9'',2	0,0216	0,017				

Tabelle III.

Entladung nach Teilstrichen	Werte von *n*	Entladungszeit		Unitarische Abnahme		Successive Verhältniszahlen		Verhältnis zwischen erster und letzter unitarischer Abnahme	
		ohne X-Str.	mit X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.
Von 300 bis 256,2	43,8	2'00'' 2'5'',2	1'42'',2	0,357	0,0713				
						1,20	1,05		
Von 250 bis 214	36	2'00'' 2'3''	1'38'',8	0,296	0,068				
						1,28	1,18		
Von 200 bis 172,5	27,5	2'00'' 1'58''2	1'35'',2	0,231	0,0579				
						1,35	1,21		
Von 150 bis 129,2	20,8	2'00'' 2'2'',6	1'34'',8	0,171	0,0479			15,4	8,2
						1,55	1,50		
Von 100 bis 87	13	2'00'' 1'55'',8	1'31'',4	0,110	0,0319				
						2,12	1,62		
Von 50 bis 44,2	5,8	2'00'' 1'49''	1'22'',4	0,0506	0,0197				
						2,19	2,26		
Von 25 bis 22,3	2,7	2'00'' 1'54'',2	1'25''	0,0231	0,0087				

Teilstriche wurden durch vorläufige Versuche bestimmt. Der Kürze halber bringen wir die Resultate, die sich auf solche Potentiale beziehen, die durch die Teilstriche 300, 200 und 100 der Skala angegeben sind.

Da die spontane Entladung bei diesen letzten Messungen sehr viel rascher vor sich geht als bei den vorhergehenden, so wurde die Zeit t der Formeln 1) und 2) auf 30″ an Stelle von 2′ herabgesetzt.

δ) Da man bei allen vorhergehenden Messungen den Kondensator und folglich das Quadrantenpaar dreimal hinter einander für eine auf das gleiche Potential bezügliche Messung laden muss, so entsteht an dem Faden, an welchem der Zeiger hängt, besonders bei grossen Abweichungen eine zeitweise Deformation; ehe man zur nächsten Messung vorschreitet, muss sich der Faden vollständig zurückdrehen, was einen so grossen Zeitverlust mit sich bringt, dass man wegen der Veränderlichkeit der äusseren Bedingungen und der Wirksamkeit der Crookesschen Röhre keine schnellen und in den äussersten Grenzen unter einander vergleichbaren Messungen ausführen kann. Um sie vergleichsfähig zu machen, machten wir bei der vorher beschriebenen Methode die Messungen derart, dass sie von hohen Potentialen ausgingen und zu niedrigen fortschritten und umgekehrt; die obigen Resultate sind stets das Mittel aus beiden Serien. Man kann aber eine einfachere Methode benutzen, mittels welcher man den angedeuteten Störungen, die bei Beginn der Thätigkeit der Crookesschen Röhre und weiterhin auftreten, vorbeugt, sodass der Zeitraum zwischen den auf einander folgenden Messungen abgekürzt wird; diese werden unter einander vergleichbar, ohne dass man aufsteigende Serien zu machen braucht, welche hierbei überdies nicht ausgeführt werden könnten.

Der Kondensator wird bis zu einem Potential geladen, das bedeutend grösser als das höchste der Serie ist, und nun beobachtet man nacheinander gemäss dem oben Gesagten die Abnahmen der Potentiale, welche von dem vorher festgesetzten Werte aus gerechnet in gleichen Zeiten erfolgen. Bei den mit X-Strahlen gemachten Messungen liessen wir diese bedeutend vor der Messung wirken, damit der Zeiger bei seinem Rückgange sein konstantes Verhalten annahm. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle IV.

Entladung nach Teilstrichen	Werte von n	Entladungszeit		Unitarische Abnahme		Successive Verhältniszahlen		Verhältnis zwischen erster und letzter unitarischer Abnahme	
		ohne X-Str.	mit X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.
Von 300 bis 270	30	30″ 31″	28″	0,984	0,0878				
						1,55	1,13		
Von 200 bis 187	13	30″ 30″,8	27″,1	0,635	0,0773			3,28	1,57
						2,12	1,38		
Von 100 bis 91,1	8,9	30″ 29″,3	25″	0,300	0,0558				

Tabelle V.

Da wir mit dieser Methode sehr viele auf einander folgende Messungen mit kurzen Intervallen zwischen einander machen mussten, und da der Rückgang der Nadel bei den höchsten Potentialen sehr schnell geschieht, so haben wir die Zeit t nicht genau konstant halten können, weil der Schätzungsirrtum der Teilungen n nicht zu vermeiden gewesen wäre. Da wir aber doch die Zeit t (25″) nahezu konstant in den verschiedenen Serien erhielten, schien es uns gut, für die erste von ihnen die Zeit des Sinkens durch eine ganze Anzahl von Teilstrichen zu bestimmen. Zu dem Zweck zählte einer von uns, indem er den Chronograph ansah, mit lauter Stimme die Sekunden, so dass der Beobachter am Elektrometer das Passieren eines bestimmten Teilstriches der Skala vor dem Fadenkreuz des Fernrohres registrieren konnte, wenn die Zeit t nahe an der als Mittel festgestellten Zeit war.

Da bei dieser letzten Methode die Crookessche Röhre lange Zeit hindurch wirkt, und man nicht, wie schon vorhin gesagt ist, aufsteigende Serien machen kann, so könnte der Zweifel entstehen, ob etwa die Crookessche Röhre in der Zeit ihrer Thätigkeit kräftiger würde, ob sie etwa gerade bei niedrigen Potentialen eine grössere Wirksamkeit entfaltete. Um zu beweisen, dass, wenn dieses auch geschieht, die Erscheinung, von der wir oben sprachen, doch bestehen bleibt, haben wir die Messungen bei allen Potentialen noch einmal gemacht, und nachdem der Kondensator neu geladen war,

haben wir die Messung nur bei dem höchsten Potential vorgenommen. Wir lassen die Resultate folgen, die sich auf die äussersten Potentiale der ersten Serie und auf das höchste Potential der zweiten beziehen.

Tabelle V.

Entladung nach Teilstrichen	Werte von n	Entladungszeit		Unitarische Abnahme		Successive Verhältniszahlen		Verhältnis zwischen erster und letzter unitarischer Abnahme	
		ohne X-Str.	mit X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.
Von 300 bis 261	39	25",4 25",2	23",8	1,541	0,0971				
						1,18	1,14		
Von 250 bis 216	34	26" 26",2	24",5	1,303	0,0851				
						1,29	1,09		
Von 200 bis 174	26	26",4 25",3	24"	1,006	0,0777			7,62	3,98
						1,34	1,17		
Von 150 bis 131	19	25",2 25",3	23",2	0,752	0,0665				
						3,72	2,73		
Von 50 bis 44	6	28",8 30",6	26",5	0,202	0,0244				

Tabelle VI.

Entladung nach Teilstrichen	Werte von n	Entladungszeit		Unitarische Abnahme		Verhältnis zwischen erster und letzter unitarischer Abnahme	
		ohne X-Str.	mit X-Str.	spontane Entladung	Entladung durch die X-Str.	spontane Entladung	Entladung durch die X-Str.
Von 300 bis 272	28	26",8 25",6	23",1	1,0687	0,143		
						8,62	6,11
Von 50 bis 46	4	31",4 33",2	27",1	0,124	0,0234		
						8,65	6,58
Von 300 bis 273	27	25",1 25",2	22"	1,073	0,154		

Bei allen vorhergehenden Messungen war die Kapazität des Kondensators 0,05 m. f.; die Empfindlichkeit des Elektrometers war so gross, dass man mit 4,5 Volt eine Ablenkung von 90 Teilstrichen der Skala erhielt.

Resultate.

1. Die Entladungen zwischen zwei Oberflächen, die im Nebenschluss mit den Belegungen eines Kondensators sich befinden, haben bei verschiedenen Potentialen einen anderen Verlauf, wenn die Entladung nur durch natürlichen Verlust, als wenn sie nur durch den Einfluss der X-Strahlen hervorgerufen wird; die erste Entladung ist stärker als die zweite.

2. Obwohl die X-Strahlen mit dem Sinken des Potentials abnehmende Mengen entladen, so werden sie doch im Vergleich zur spontanen Entladung in dem Masse wirksamer, als das Potential geringer wird.[1])

3. Mit einigen seltenen Ausnahmen wachsen die Verhältniszahlen zwischen den auf einander folgenden unitarischen Abnahmen, die sich auf gleich weit abstehende Potentiale beziehen, bei beiden Entladungsarten mit dem Sinken des Potentials.

II.

Entladung eines Kondensators durch zwei Platten, die, im Nebenschluss mit seinen Belegungen, den X-Strahlen ausgesetzt werden, während die Kapazität geändert wird.

Sind die vorstehenden Resultate gegeben, so ist es wichtig, die Beziehung der beiden

1) Um sich hiervon zu überzeugen, genügt es, die Zahlen auf derselben Horizontale der Reihen 6 und 5 von allen aufgeführten Tabellen zu vergleichen.

Entladungsarten (der spontanen und der durch die X-Strahlen) zwischen zwei gegebenen Werten des Potentials bei Veränderung der Kapazität des Kondensators zu prüfen. Die experimentelle Anordnung dabei ist die gleiche wie bei den vorhergehenden Versuchen. Doch wurde der Kondensator mit Luftschichten von Ayrton und Perry verwandt; dieses war nötig, weil es scheint, als ob die Erscheinungen, von denen wir reden wollen, sich besonders bei geringen Kapazitäten feststellen lassen. Die bei den Messungen befolgte Methode ist im Grunde dieselbe wie die vorhin angewandte; da wir aber stets zwischen zwei gegebenen Grenzen des Potentials experimentieren mussten, so war es nötig, mit alternierenden Messungen die Zeiten der Entladung zu bestimmen, um die oben genannte Abnahme mit und ohne X-Strahlen zu erhalten. Grosse Sorgfalt forderte die Verwendung des Luftkondensators, will man nicht ungewöhnlich grosse spontane Verluste erleiden, besonders damit man dieselben unter einander vergleichen kann, je nachdem man mehr oder weniger kondensierende Platten einschaltet.

Wir geben hier ohne Weiteres die Resultate, welche das Mittel der gefundenen Werte sind; in der folgenden Tabelle sind dieselben bei zunehmender und abnehmender Kapazität zusammengefasst. Entladung von Teilstrich 160 bis Teilstrich 140; die X-Strahlen wirken 70 Teilstriche vor der Messung; die den X-Strahlen exponierten Flächen sind zwei Scheiben, die in einem Abstand von 2 cm[1]) angebracht sind. Da die Kondensatoren, welche die auf einander folgenden Kapazitäten liefern, alle unter völlig gleichen Bedingungen hergestellt sind, so ist ihre Kapazität der Zahl n der kondensierenden Scheibenpaare proportional, wovon wir uns übrigens besonders überzeugt haben.

Um eine Vorstellung von der Grösse der bei den Versuchen benutzten Kapazitäten zu geben, sagen wir, dass die durch 12 Scheibenpaare hervorgebrachte gleich der Kapazität von 0,013 m. f. ist.

Zahl der kondensierten Scheibenpaare	Unitarische Abnahme		Produkte	
	δs spontane Entladung	δx Entlad. durch die X-Str.	$n \cdot \delta s$	$n \cdot \delta x$
1	1,455	7,655	1,455	7,655
2	0,778	3,776	1,556	7,552
3	0,623	2,088	1,869	6,264
4	0,583	1,285	2,332	5,140
6	0,435	0,960	2,610	5,760
9	0,363	0,663	3,267	5,967
12	0,305	0,518	3,660	6,216

1) Unsere experimentelle Anordnung bestätigte die Beobachtung von Prof. Righi (R. Acc. Sc. Bologna, Serie V, Tomo VI), dass die entladende Wirkung der X-Strahlen mit der Entfernung der ihnen exponierten Scheiben wechselt, und bei einer gewissen Grösse der Entfernung ein Maximum erreicht. Bei uns war dazu eine Entfernung von 2 cm erforderlich.

Resultate.

Wären bei verschiedenen Kapazitäten die X-Strahlen gleichmässig wirksam (indem sie dieselbe Elektrizitätsmenge entladeten), so müssten die Produkte $n\ \delta$ konstant sein. Aus unserer Arbeit geht jedoch hervor, dass bis zu einer gewissen Grösse der Kapazität diese Produkte geringer (bei unserer experimentellen Anordnung 4 Kondensatoren), dann mit dem Wachsen der Kapazität langsam grösser werden. Es wäre interessant, mit grösseren Kapazitäten als 0,013 m. f. zu experimentieren, um zu sehen, ob bei einer gewissen Grösse das Anfangsprodukt wieder erreicht wird und bei welcher Grösse dies geschieht; aber die praktischen Schwierigkeiten beim Verwirklichen von grossen Kapazitäten mit Luftplattenkondensatoren haben uns jetzt verhindert, die vollständige Lösung des Problems zu finden.

Für jetzt können wir nur sagen:

1. Die Entladung durch zwei Scheiben, die in Nebenschluss mit den Belegungen eines Kondensators gebracht und dem Einflusse der X-Strahlen ausgesetzt sind, ist bei verschiedenen Kapazitäten eine ungleiche;

2. die Entladung, die bei kleinen Kapazitäten gross ist, nimmt mit der Vergrösserung derselben ab, jedoch nur bis zu einer gewissen Grenze, von der an sie wieder langsam grösser wird.

Neapel, Phys. Inst. der Kgl. Universität, 15. Mai 1900.

(Aus dem Italienischen übersetzt von Helene Rhumbler.)

(Eingegangen 19. Mai 1900.)

Über eine schraubenförmige Entladung des Induktionsfunkens in einer mässig evakuierten Glasröhre.

Von Ernst Ruhmer, Berlin.

Herr Direktor Archenhold von der Treptow-Sternwarte hatte sechs Geisslerröhren mit verschieden starker Evakuierung anfertigen lassen, um den Einfluss des Druckes in solchen Röhren auf die Entladungsform des Induktionsfunkens zu demonstrieren. Die Röhren wurden senkrecht stehend in einem Gestell nebeneinander montiert und hintereinander in denselben Stromkreis geschaltet. Ich bemerkte, dass eine der Röhren und zwar jene mit dem grössten Druck, unter Umständen eine auffällige Entladungsform zeigte, indem sich ein rot leuchtendes Band in Form einer Schraubenlinie bildete, das sich zugleich drehte, derart, dass

diese Schraube sich von einem Ende der Röhre nach dem andern hin fortzuschrauben schien. Welche Ursachen dieser eigentümlichen und sehr auffallenden Erscheinung zu Grunde lagen, konnte ich zunächst nicht feststellen, da es trotz vielfacher Wiederholung des Versuchs nicht gelang, dieselbe Erscheinung nochmals hervorzurufen.

Ich erinnere mich, dass Herr Wehnelt bei einem Vortrage über seinen Unterbrecher in der Deutschen physikalischen Gesellschaft erwähnte, dass von ihm eine „wellenförmig flutende Bewegung" in einer luftverdünnten Röhre beobachtet worden sei,[1]) eine Mitteilung, die damals unter den Anwesenden lebhaftes Interesse hervorrief, ohne dass jedoch eine bestimmte Erklärung oder auch nur genaue Beschreibung des Phänomens gegeben werden konnte.

Vor kurzem trat, anlässlich einer Demonstration jener Röhren die interessante Erscheinung der Schraubenlinie in der Röhre wieder auf und zwar in derart auffälliger Weise, dass ich veranlasst wurde, mich neuerdings damit zu beschäftigen.

Die Bedingungen, unter denen diese eigentümliche Entladungsform einzutreten pflegt, sind durch zahlreiche Experimente ermittelt und im folgenden mitgeteilt.

Die benutzte Glasröhre hat 4 cm im Durchmesser und ist etwas über 1 m lang. An ihren Enden sind Platindrähte eingeschmolzen, welche brennspiegelartig geformte runde Aluminiumscheiben von 28 mm Durchmesser als Elektroden tragen.

Die Evakuierung der Röhre ist derart, dass zwischen Platte und Spitze eines 30 cm Induktors bei Parallelschaltung dieser Luftstrecke mit der Röhre auf ca. 15 cm Entfernung gerade noch Funken überspringen, während bei einer nur geringen Vergrösserung der Luftstrecke die Entladung durch die Röhre erfolgt.

Diese Entladung zeigt sich zunächst bei Benutzung des durch Wehnelt-Unterbrecher bei 110 Volt Betriebsspannung betriebenen Induktors in Form eines etwa fingerdicken roten Streifens, der sich in der Mitte der Röhre von einem Pol zum andern in fast gerader Linie hinzieht. Wird die Stromstärke durch allmähliches Einschalten von Widerstand vermindert, so geht die Entladungsform in eine büschelartige, mit nur wenigen, einzelnen hellleuchtenden blauen Funken untermischte über, die sich indessen nicht mehr in der Mittelaxe der Röhre, sondern von dem Rande der Elektrodenscheiben nach der Wand der Glasröhre hin und an dieser oder in der Nähe derselben am Glase entlang nach der andern Elektrode hin vollzieht. Umfasst man in diesem Zustande die Röhre, etwa in ihrer Mitte, mit der Hand und hält sie senkrecht so, dass der positive Pol oben ist, so geht die büschelförmige periphere Entladung wieder in die zentrale, rote, bandartige zurück, jedoch mit dem Unterschiede, dass das rote Band nicht mehr in einer geraden Linie zwischen den Elektroden übergeht, sondern nach einigen Schwankungen in einer ziemlich regelmässigen Schraubenlinie, die zugleich um ihre Axe (Mittellinie der Röhre) langsam rotiert, so dass die Schraube von oben nach unten fortschreitet.

Nachdem die Erscheinung eingetreten ist, kann man die Hand ruhig entfernen, ohne dass dadurch etwas geändert wird.

Der Durchmesser des Cylinders, um den man sich die Schraubenlinie gewickelt denken kann, ist etwa $2\frac{1}{2}$ cm und erfolgt die Windung des Schraubenganges von oben gesehen links herum. Es kommt aber vor, dass der erwähnte Cylinderdurchmesser nur $\frac{1}{2}$—1 cm beträgt, die Schraube von kleinerem Durchmesser und steilem Gang sich mehr in der Mitte der Röhre befindet, alsdann sind die Windungen der Schraube von oben gesehen anscheinend rechtsgängig.

Die Steigung der Schraube beträgt etwa 12—15 cm, man sieht also mehrere ganze Umwindungen zu gleicher Zeit. Diese Windungen stehen nicht still, sondern sie schreiten langsam von oben nach unten fort.

Die beobachtete Schraubenbewegung ist also

1. bei der Schraubenlinie von grossem Durchmesser diejenige eines nach rechts herumgedrehten Linksgewindes,
2. bei der Schraubenlinie von kleinem Durchmesser diejenige eines nach links herumgedrehten Rechtsgewindes.

Beide Drehungen erfolgen etwa einmal in der Sekunde, d. h. die von der Seite als Sinuslinie gesehene Schraubenlinie schreitet als Welle von oben nach unten hin fort und braucht ca. 7 Sekunden, um 1 m zurückzulegen.

Die Erscheinung ist überraschend und überaus prachtvoll.

Es ist zu bemerken:

1. Die Erscheinung verschwindet (geradlinige Entladung tritt ein), sobald man die Röhre aus der senkrechten Stellung in eine wagerechte Lage bringt, tritt aber wieder ein, sobald man die Röhre wieder in die senkrechte Lage zurückbringt.
2. Die Erscheinung tritt sehr schwer und nur andeutungsweise ein, wenn man die untere Elektrode zur positiven macht.
3. **Während des Bestehens der schraubenförmigen Entladungsform geht dies Funkenband nur von zwei bestimmten Punkten der Elektroden aus, nicht etwa, dass der Funken-**

1) Vgl. auch: A. Wehnelt, Wied. Ann. 68, S. 268.

strom um den Rand der scheibenförmigen Elektroden herumläuft und so, wie man glauben könnte, diese schraubenförmige Drehung des Entladungsbandes veranlasst.

4. Die Steigung der Schraube hängt von der Stromstärke resp. Unterbrechungszahl ab.

Eine ausführliche Beschreibung und Erklärungsversuch soll auf Grund auszuführender kinematographischer Aufnahmen der interessanten Erscheinung einer späteren Mitteilung vorbehalten bleiben; es mag nur mitgeteilt werden, dass die Erscheinung hauptsächlich durch den spiralig in der Röhre aufsteigenden warmen Luftstrom herbeigeführt werden dürfte.

(Eingegangen 5. Juni 1900.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen über die flüssigen Krystalle.

Von Rudolf Schenck.

Die von O. Lehmann im Jahre 1888 entdeckten „flüssigen Krystalle oder krystallinischen Flüssigkeiten" sind während der letzten Jahre von verschiedenen Seiten untersucht worden. Die Arbeiten darüber sind zu einem gewissen Abschlusse gekommen und die Möglichkeit einer zusammenfassenden Darstellung des Gebietes ist gegeben. Einer Anregung der Redaktion dieser Zeitschrift folgend, unterziehe ich mich der Aufgabe, die Ergebnisse der seither ausgeführten Untersuchungen über diesen merkwürdigen flüssigen Zustand im Zusammenhange mitzuteilen.

Der Körper, bei welchem eine krystallinisch flüssige Modifikation zuerst beobachtet wurde, ist der Benzoësäureester des Cholesterins. Reinitzer[1]) fand bei der Untersuchung dieses Stoffes Erscheinungen, welche bis dahin ohne jedes Analogon dastanden. Das Cholesterylbenzoat ist ein bei gewöhnlicher Temperatur fester, in schönen farblosen Blättchen krystallisierender Körper, er schmilzt bei 145,5° zu einer trüben Masse und diese klärt sich plötzlich bei 178°. „Die Substanz zeigt zwei Schmelzpunkte, wenn man sich so ausdrücken darf".[2]) Beim Abkühlen spielt sich der Vorgang in der umgekehrten Reihenfolge wieder ab.

Noch viel merkwürdigeres förderten die Untersuchungen O. Lehmanns zu tage. Mit Hülfe des Krystallisationsmikroskopes stellte er fest, dass der trübe Schmelzfluss bei gekreuzten Nicols das Gesichtsfeld aufhellt, dass er also doppelbrechend ist, eine für Flüssigkeiten damals unerhörte Thatsache.

Es gelang ihm weiter, Tröpfchen dieser doppeltbrechenden Flüssigkeit in einem Medium gleicher Dichte zu suspendieren. Diese Tröpfchen zeigten unter gekreuzten Nicols das Bild, welches man bei Sphärokrystallen zu sehen gewöhnt ist, das charakteristische schwarze Kreuz.

1) Monatsschrift für Chemie 9, 435 (Wien, 1888).
2) cf. Z. f. phys. Chem. 4, 468 (1889).

Das Cholesterylbenzoat blieb nicht der einzige Stoff, bei welchem doppeltbrechende Schmelzflüsse auftraten, auch andere Derivate, das Acetat und das Propionat zeigen dieselbe Modifikation, und ebenso einige Abkömmlinge des Hydroceratins, eines Stoffes, welcher dem Cholesterin in Zusammensetzung und Verhalten sehr nahe steht. Sehr viel leichter zugänglich sind die zuerst von Gattermann[1]) dargestellten Azoxykörper, das *p*-Azoxyanisol und das *p*-Azoxyphenetol, sie zeigen die Erscheinungen vielleicht noch klarer als die oben genannten Körper und sind deshalb zu Studien über die beschriebenen Phänomene ganz besonders geeignet.

Die optische Untersuchung ergab die Existenz von Flüssigkeiten, welche mit Eigenschaften ausgestattet sind, die sich sonst nur bei krystallisierten Körpern vorfinden. Diese Thatsachen haben Lehmann[2]) bewogen, für die anisotropen Flüssigkeiten die Namen „fliessende Krystalle, flüssige Krystalle oder krystallinische Flüssigkeiten" in Anwendung zu bringen. Er fasst sie auf als Krystalle von sehr geringer Festigkeit, welche schon unter dem Einfluss der Erdschwere ihre Gestalt verändern. Diese Anschauung setzt voraus, dass die Stoffe chemisch einheitliche sind.

Diese Auffassung der flüssigen Krystalle blieb nicht die einzige. Bei ölsauren Salzen, welche sich in Berührung mit wässrigem Alkali befinden, kann man optische Erscheinungen beobachten, welche mit den beschriebenen eine grosse Ähnlichkeit besitzen. Eine feine Ölsäurehaut überzieht die Krystallpartikelchen der Oleate und bedingt deren eigenartiges

1) Ber. d. Deutschen Chem. Ges. 23, 1738.
2) Z. f. phys. Chem. 4, 462; 5, 427; Ber. d. D. chem. Ges. 23, 1745; Wied. Ann. 40, 401; 56, 784.

Verhalten. G. Quincke[1]) schliesst daraus, dass die ähnlichen optischen Erscheinungen der flüssigen Krystalle durch ähnliche Ursachen hervorgerufen seien. „Alle Erscheinungen erklären sich durch eine dünne Flüssigkeitsschicht, die von der umgebenden Flüssigkeit verschieden und nicht mit dieser mischbar ist, sich aus der erhaltenden, geschmolzenen Masse abgeschieden hat und als flüssige Haut die festen Krystalle umhüllt. Diese dünne Flüssigkeitshaut kann so geringe Dicke haben, dass sie mit einem Mikroskop gar nicht wahrzunehmen ist" . . .

Nach dem optischen Verhalten allein eine Entscheidung für die eine oder die andere Auffassung zu fällen, ist nicht möglich, man muss für die Beurteilung das gesamte übrige Verhalten heranziehen, eingehende Untersuchungen haben gezeigt, dass die Lehmannsche Auffassung mit den Thatsachen am besten im Einklang steht.

Über das System, in welches diese weichen Krystalle einzuordnen sind, macht Lehmann[2]) einige Angaben, er zählt die bekannten flüssigen Krystalle dem monosymmetrischen System zu, indes scheint es mir vor der Hand etwas gewagt zu sein, bei diesen sphärokrystallinischen Gebilden Schlüsse auf das System zu machen.

Das Verhalten der Krystalltropfen gegen äussere Kräfte hat er ebenfalls zum Gegenstande der Untersuchung gemacht,[2]) im Magnetfelde stellen sie sich in ganz bestimmter Richtung ein. In gleicher Weise hat er eingehende Studien über Deformation, Teilung und Kopulation von Krystalltropfen publiziert.[3]) Die Beschreibung der zahllosen Versuche würde hier zu weit führen, sie müssen in der Abhandlung nachgesehen werden.

Die Auffassung der flüssigen Krystalle als weiche Krystalle von geringer innerer Reibung liess es wünschenswert erscheinen, zahlenmässige Werte über diese Grösse zu besitzen. Die Messungen sind von mir[4]) ausgeführt worden und es hat sich ergeben, dass diese Werte sich ganz den Werten anschliessen, welche wir bei gewöhnlichen Flüssigkeiten zu sehen gewohnt sind. Das krystallinisch-flüssige Cholesterylbenzoat hat etwa die Konsistenz von Olivenöl bei gewöhnlicher Temperatur, während die Zähigkeit des *p*-Azoxyanisols von der Grössenordnung ist, welche die höheren Alkohole z. B. Propylalkohol zeigen, es ist also viel beweglicher. Die innere Reibung nimmt auch hier mit der Temperatur ab.

Setzen wir die Zähigkeit des Wassers bei 0^0 gleich 100, so ergiebt sich für die flüssigen Krystalle von

1) Wied. Ann. 53, 613.
2) Verhandl. der D. Phys. Ges. 2, 74 (1900).
3) Wied. Ann. 40, 412.
4) Z. f. phys. Chem. 27, 167.

Cholesterylbenzoat:

für $153{,}3^0$ eine Zähigkeit von 892,8
„ $169{,}2^0$ „ „ „ 620,7

und für diejenigen von

p-Azoxyanisol:

für $118{,}5^0$ eine Zähigkeit von 141,4
„ $121{,}5^0$ „ „ „ 138,3
„ 131,1 „ „ „ 131,7

Vor einiger Zeit hat Tammann[1]) Versuche publiziert, welche zeigen, dass man Flüssigkeiten durch allmähliche Erniedrigung der Temperatur stetig in amorphe feste Körper überführen kann. Die Zähigkeit der Flüssigkeiten steigt mit abnehmender Temperatur, sie wird schliesslich so gross, dass ein erheblicher Kraftaufwand dazu gehört, eine Formänderung dieser Körper herbeizuführen. In ähnlicher Weise gelingt es, flüssige Krystalle — es handelt sich hier um bisher noch nicht publizierte Versuche des Herrn cand. Schönbeck in Marburg — kontinuierlich in feste überzuführen. Als Beobachtungsmaterial benutzt er das Cholesterylbenzoat. Die krystallinisch flüssige Modifikation dieses Stoffes löst fremde Substanzen auf, durch diese Zusätze wird der Erstarrungspunkt der flüssigen Krystalle bedeutend erniedrigt, so dass man die Möglichkeit hat, die flüssigen Krystalle bei Temperaturen zu beobachten, welche unterhalb des gewöhnlichen Existenzintervalles liegen. Man sieht, wie die Zähigkeit mit sinkender Temperatur wächst, es wird schwer, den Rührer durch die dicke Masse hindurchzubewegen. Bei 130^0 bereits wird die Bewegung unmöglich, die flüssigen Krystalle sind kontinuierlich in feste übergeführt.

Die grosse Beweglichkeit befähigt die flüssigen Krystalle, der Einwirkung von Kräften mit Leichtigkeit zu folgen. Unter der Wirkung der Oberflächenspannung nehmen Tropfen der krystallinischen Flüssigkeiten, welche in einem Medium gleicher Dichte schweben, Kugelform an. In Kapillarröhren steigen sie empor, wie schon Quincke[2]) beobachtet hat. Er erwähnt auch die eigentümliche Erscheinung, welche das krystallinisch flüssige Cholesterylbenzoat zeigt, nämlich eine Zunahme der kapillaren Steighöhe mit steigender Temperatur. Messungen der Oberflächenspannung an *p*-Azoxyanisol, *p*-Azoxyphenetol und Cholesterylbenzoat sind von mir[3]) ausgeführt worden, wir werden weiter unten auf dieselben noch einmal zurückzukommen haben. Die Erklärung für das eigenartige abweichende Verhalten der kapillaren

1) Z. f. phys. Chem. 28, 17.
2) Wied. Ann. 53, 613.
3) Z. f. phys. Chem. 25, 344.

Steighöhe beim Cholesterylbenzoat wird dort ebenfalls am besten zu behandeln sein.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass feste krystallisierte Stoffe schmelzen können. Es erfolgt der Übergang in den flüssigen Zustand bei einer ganz bestimmten Temperatur, dem sogenannten Schmelzpunkt. Auch bei den flüssigen Krystallen ist ein Analogon des Schmelzpunktes zu beobachten. Bei einer ganz bestimmten Temperatur gehen sie in gewöhnliche Flüssigkeiten über. Diese Umwandlungstemperaturen liegen

für *p*-Azoxyanisol bei 134°
„ *p*-Azoxyphenetol „ 165,5°
„ Cholesterylbenzoat „ 178,5°.

Äusserlich macht sich die Umwandlung dadurch bemerkbar, dass die ursprünglich trübe flüssige Masse plötzlich klar wird. Unter dem Polarisationsmikroskop beobachtet man beim Erwärmen über den Umwandlungspunkt ein plötzliches Isotropwerden der Flüssigkeit, die Doppelbrechung verschwindet.

Und mit der Änderung der optischen Eigenschaften Hand in Hand geht eine plötzliche Änderung in dem gesamten physikalischen Verhalten. Es findet bei der Temperatur des Umwandlungspunktes eine sprungweise Änderung der meisten physikalischen Konstanten der Körper statt, genau so wie wir dies beim Schmelzpunkt zu sehen gewöhnt sind.

Es ändert sich die Dichte. Die Grösse dieser Änderung ist aus der folgenden Tabelle zu ersehen.

Beim Umwandlungspunkt beträgt die Dichte für:

	die flüssigen Krystalle	die isotrope Flüssigkeit	Differenz
p-Azoxyanisol	1,1526	1,1481	— 0,0044
p-Azoxyphenetol	1,072	1,059	— 0,013

Beim Cholesterylbenzoat wird die Dichte noch kleiner, sie wird erst bei Messungen, welche mit grossen Mengen Cholesterylbenzoat ausgeführt werden, genau zu ermitteln sein.

Recht beträchtlich ist die Änderung der Zähigkeit, wie aus dem folgenden hervorgeht:

	flüss. Krystalle	isotrope Flüssigkeit	Differenz
p-Azoxyanisol	128	178	+ 50
Cholesterylbenzoat	440	420	— 20

Die angegebenen Werte sind aus den Messungen extrapoliert. Besonders merkwürdig ist die Thatsache, dass die flüssigen Krystalle des *p*-Azoxyanisols weit beweglicher sind als die zugehörige isotrope Schmelze, obgleich das Beständigkeitsgebiet der ersteren bei tieferen Temperaturen liegt.

Nicht in allen Fällen zeigen die Konstanten der beiden flüssigen Zustände so grosse Differenzen, bei der Messung der Oberflächenspannung z. B. waren Unterschiede mit Sicherheit nicht festzustellen. Das Gleiche gilt auch von der Dielektrizitätskonstanten, deren Bestimmung beim *p*-Azoxyanisol durch R. Abegg[1]) und W. Seitz erfolgte. Sie fanden in der Umgebung des Umwandlungspunktes sowohl oberhalb als unterhalb desselben die D.-E. 4,1.

Dieser Umstand ist von besonderer Bedeutung für die Auffassung der krystallinischen Flüssigkeiten. Aus den Untersuchungen über Dielektrizitätskonstanten von Drude, von Abegg, von Abegg und Seitz ergiebt sich die Regelmässigkeit, dass beim Übergang aus dem festen Aggregatzustand in den flüssigen eine erhebliche Änderung der Dielektrizitätskonstanten erfolgt. Wären die flüssigen Krystalle, der Anschauung von G. Quincke entsprechend, ein Haufwerk von festen Krystallen, welches seine Leichtbeweglichkeit feinen Häutchen fremder Substanzen, welche als Schmiermittel wirken, verdankt, so müsste die Abscheidung der trüben Masse aus dem isotropen Schmelzfluss begleitet sein von einer deutlichen Abnahme der Dielektrizitätskonstanten. Das Fehlen einer solchen Differenz beweist, dass wir es mit einem besonderen eigenartigen Zustande zu thun haben, welcher dem flüssigen sehr nahe steht. Also auch hier ein Umstand, welcher sehr zu gunsten der Lehmannschen Auffassung spricht.

Der Umwandlungspunkt erweist sich in allen Stücken als ein Analogon des Schmelzpunktes. Durch Druck erleidet er eine Verschiebung; da der Umwandlungsprozess mit einer Volumvermehrung verbunden ist, so wird der Umwandlungspunkt durch Druck erhöht. Untersuchungen über die Grösse der Verschiebung verdanken wir Hulett.[2]) Aus den von ihm publizierten Tabellen entnehme ich folgende Werte für den Umwandlungspunkt t, bei dem Drucke p:

Substanz	p	t	$\frac{dt}{dp}$
Cholesterylbenzoat	1 Atm.	178,3°	0,076.
„	320 „	202,6	
p-Azoxyanisol	1 „	135,9	0,0486.
„	300 „	150,45	
p-Azoxyphenetol	1 „	168,1	0,0476.
„	300 „	182,3	

Der Übergang aus dem krystallinisch flüssigen in den isotrop flüssigen Zustand erfolgt unter Wärmeabsorption. Die Umwandlungswärme ist sehr klein, sie ist auf verschiedene Weise bestimmt worden.

1) Z. f. phys. Chem. 29, 491.
2) Z. f. phys. Chem. 28, 640.

Aus der Thomson-Claususschen Beziehung

$$\frac{dt}{dp} = \frac{T.(v_1 - v_2)}{\lambda \cdot E}$$

wo λ die Umwandlungswärme,
T die absolute Umwandlungstemperatur,
$v_1 - v_2$ die Differenz der spezifischen Volumina in den beiden Zuständen,
E das mechanische Wärmeäquivalent.
$\frac{dt}{dp}$ die Änderung des Umwandlungspunktes für 1 Atm., bedeutet, lässt sich, da die übrigen Grössen bekannt sind, λ berechnen. Nach seinen Druckmessungen und meinen Dichtebestimmungen hat Hulett die Rechnung durchgeführt und findet für

p-Azoxyanisol	$\lambda = 0{,}71$	cal.
p-Azoxyphenetol	$= 1{,}7$	„
Cholesterylbenzoat	$= 0{,}32$	„

Mit Hilfe des Eiskalorimeters versuchte ich[1]) den Wert für *p*-Azoxyanisol direkt zu bestimmen, ich fand

$$\lambda = 1{,}32 \text{ cal.}$$

Indes ist dieser Wert vielleicht nicht ganz einwandsfrei, weil die kalorimetrischen Untersuchungen aus *p*-Azoxyanisol mit Unsicherheiten, die durch die Dimorphie dieses Stoffes im festen Zustande bedingt werden, behaftet sind.

Schmelzpunkte erfahren durch Zusatz fremder Stoffe eine Erniedrigung. Die Umwandlungspunkte unserer flüssigen Krystalle zeigen dieses Verhalten in noch viel stärkerem Masse,[2]) die hier beobachteten Depressionen sind wohl die grössten, welche bisher bekannt geworden sind. Als Mittel aus Messungen, welche ich mit Lösungen von verschiedenen organischen Substanzen in *p*-Azoxyanisol ausführte, erhielt ich als Wert der molekularen
Umwandlungspunktserniedrigung 750°
als entsprechende Werte für *p*-Azoxyphenetol 713°
für Cholesterylbenzoat 1161°.

Um einen Begriff von der eminenten Grösse dieser Konstanten zu geben, stelle ich ihnen die entsprechenden Schmelzpunktserniedrigungen von einigen bekannten Stoffen gegenüber

Wasser	18,9
Eisessig	38,8
Benzol	49
Phenol	75.

Die grosse Depressionskonstante wird bedingt durch den kleinen Wert der Umwandlungswärme, beide Grössen sind durch die von van t'Hoff aufgestellte Gleichung

$$\Delta = 0{,}02 \cdot \frac{T^2}{q}$$

mit einander verknüpft, wenn

Δ die Depressionskonstante,
T die absolute Umwandlungstemperatur,
q die Umwandlungswärme
bedeutet.

Man sollte annehmen, dass es möglich sein müsse, mit Hilfe dieser Beziehung die Umwandlungswärme zu ermitteln; versucht man das, so erhält man für die Umwandlungswärmen folgende Werte

für *p*-Azoxyanisol	4,37	Calorien
„ *p*-Azoxyphenetol	5,42	„
„ Cholesterylbenzoat	3,50	„

welche von den auf anderen Wegen bestimmten ganz erheblich abweichen.

Die van t'Hoffsche Gleichung ist abgeleitet unter Zugrundelegung der Annahme, dass aus der Lösung die Krystalle in reinem Zustande zur Abscheidung gelangen. In allen Fällen, wo ein teilweiser Übergang des gelösten Stoffes in die ausgeschiedenen Krystalle stattfindet, berechnen sich zu grosse Schmelzwärmen. Wir müssen also auch hier annehmen, dass die sich ausscheidenden flüssigen Krystalle ein Lösungsvermögen für fremde Stoffe besitzen. Die Zahl der Körper, welche sie aufzunehmen vermögen, ist nicht beschränkt wie bei festen Krystallen; soweit die Untersuchungen bis jetzt reichen, hat sich noch kein organischer Stoff gefunden, den sie nicht aufzunehmen vermöchten.

Bei den Untersuchungen über die Lösungen fremder Stoffe in *p*-Azoxyanisol[1]) hat sich herausgestellt, dass die Depressionskonstante, mag man diese oder jene Substanz auflösen, innerhalb ziemlich enger Grenzen schwankt; wir schliessen daraus, dass das Teilungsverhältnis zwischen den beiden Flüssigkeiten für alle untersuchten Stoffe nahezu das Gleiche ist, eine sehr auffallende Thatsache.

Wir hatten daran gedacht — Untersuchungen in dieser Richtung sind neuerdings von Auwers[2]) aufgenommen worden —, das *p*-Azoxyanisol als Lösungsmittel für kryoskopische Zwecke zu verwenden. Man kann ja aus der Depression des Umwandlungspunktes, welche eine gewogene Menge einer gelösten Substanz in einer bekannten Menge *p*-Azoxyanisol erzeugt, in bekannter Weise Schlüsse auf das Molekulargewicht des gelösten Körpers ziehen.

Wir versprachen uns besondere Vorteile von dieser Methode, man bedarf, wegen der Grösse der Depression, nicht des Beckmannschen Thermometers, Unterkühlungserscheinungen fehlen fast vollständig, man hat nur kleine Mengen der zu untersuchenden Substanz für die Bestimmung nötig, und ausserdem ist das *p*-Azoxyanisol leicht zugänglich, denn das Ausgangs-

1) Z. f. phys. Chem. 29, 557.
2) Z. f. phys. Chem. 25, 547; 29, 553.

1) Z. f. phys. Chem. 25, 347. 29, 554.
2) Auwers, Z. f. phys. Chem. 32, 58.

material dafür, das p-Nitrophenetol, wird im grossen von der chemischen Technik hergestellt.

Der praktischen Verwendbarkeit stehen aber die theoretischen Bedenken gegenüber, dass das Lösungsmittel sich nicht rein aus dem Schmelzfluss ausscheidet und dass man daher immer gewärtig sein muss, Fehler zu begehen. Sollte sich indes die oben erwähnte Regelmässigkeit bez. des Verteilungskoeffizienten als eine allgemeine herausstellen, so wird man die Methode für praktische Zwecke in vielen Fällen verwenden können.

In einigen Fällen verursachte der gelöste Körper keine Erniedrigung, sondern eine Erhöhung des Umwandlungspunktes. Beobachtet wurde dieses Verhalten bei der Auflösung solcher Körper, welche ebenfalls flüssige Krystalle zu bilden vermögen. Auch bei festen Krystallen tritt diese Erscheinung auf und zwar dann, wenn gelöster Körper und Lösungsmittel im krystallisierten Zustande isomorphe Gemische miteinander bilden. F. W. Küster hat früher gezeigt, dass sich der Schmelzpunkt isomorpher Gemische aus den Schmelzpunkten der Komponenten nach der Mischungsregel berechnen lässt. Bei den krystallinisch flüssigen Gemischen von p-Azoxyanisol und p-Azoxyphenetol fand ich diese Beziehung wieder, es vermögen also auch flüssige Krystalle isomorphe Mischungen zu bilden.

Man hat nach Gründen gesucht für das eigentümliche Verhalten der flüssigen Krystalle, für ihre grosse Ähnlichkeit mit den gewöhnlichen Flüssigkeiten. Ostwald[1]) hat versucht auf die Frage nach den Ursachen eine Antwort zu geben; die Kleinheit der Schmelzwärmen, die geringe Grösse der Volumänderungen bei der Umwandlung und das Fehlen der Unterkühlungserscheinungen brachten ihn zu dem Schlusse, dass das Existenzgebiet der flüssigen Krystalle nicht weit von der Temperatur entfernt sei, bei welcher Krystalle und Flüssigkeiten identisch werden. Dieser kritische Punkt müsste dann in der Nähe des Umwandlungspunktes liegen.

Ostwald gab auch den Weg an, welcher zur Prüfung dieser Frage dienen könnte. Bei der Verschiebung des Existenzgebietes der flüssigen Krystalle durch Druck nach der Seite der höheren Temperaturen hätte sich mit der Annäherung an den kritischen Punkt eine Abnahme der Doppelbrechung bemerkbar machen müssen. Der angegebene Weg ist von Hulett beschritten worden, er hat aber bei seinen schon erwähnten Versuchen, bei denen er Drucke von über 300 Atmosphären verwandte und Erhöhungen der Umwandlungspunkte um 14 bis 24^0 erzielte, eine Verminderung der Doppelbrechung nicht beobachten können.

Ich selbst habe einen anderen Weg eingeschlagen, um die Lage des kritischen Punktes zu ermitteln. Er ist dadurch bestimmt, dass die Schmelz- bezw. Umwandlungswärme in ihm gleich Null wird. Da uns die Umwandlungswärme bekannt ist, so würde uns die Kenntnis des Temperaturkoeffizienten dieser Grösse in den Stand setzen, den Punkt zu berechnen.

Der Temperaturkoeffizient der Umwandlungswärme ist nun durch eine einfache thermodynamische Beziehung mit messbaren Grössen, nämlich den spezifischen Wärmen in den beiden flüssigen Zuständen, verknüpft. Es ist

$$\frac{dq}{dt} = c_1 - c_2,$$

wo c_1 die spezifische Wärme der isotropen, c_2 der krystallinischen Flüssigkeit bedeutet.

Mit Hilfe des Eiskalorimeters habe ich die spezifische Wärme bestimmt, die Bestimmungen sind aber mit Unsicherheiten behaftet, wir haben den Grund dafür schon oben kennen gelernt —, indes lassen auch sie erkennen, dass die Entfernung des kritischen Punktes vom Umwandlungspunkte noch eine recht grosse ist. Die flüssigen Krystalle stehen zwar den isotropen Flüssigkeiten sehr nahe, man kann aber die Nähe des kritischen Punktes als Ursache dafür nicht ansehen.

(Schluss folgt.)

1) Lehrbuch der allgem. Chemie. 2. II. 393.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY MASS.

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. Th. Des Coudres.

Der Telephonograph.

Eine überraschende Erfindung des dänischen Ingenieurs Poulsen, der Telephonograph oder das Telegraphon, beansprucht das Interesse der Physik ebenso wie das der Elektrotechnik.

Die Erfindung könnte treffend als Magnetophonograph bezeichnet werden, da sie die Prinzipien des Phonographen auf das elektromagnetische Gebiet überträgt.

Es ist demgemäss mit Hilfe dieses Apparates

möglich, das gesprochene Wort auf magnetischem Wege bleibend aufzuzeichnen, um es dann telephonisch beliebig oft wiederholen zu können.

Das wird in folgender Weise erreicht: Die in einem Mikrophon bei einer Schallübertragung erregten Stromwellen werden in einen geeigneten Elektromagneten geleitet und erzeugen zwischen den Polen desselben ein den Schalloscillationen entsprechendes „schwingendes“ Magnetfeld. Diese periodischen Schwankungen der magnetischen Intensität markieren sich auf einem durch das Feld gezogenen magnetisierten Stahldraht oder -Band als Stellen stärkerer und schwächerer Magnetisierung, sodass der Draht die zeitlichen Schwankungen der Feldstärke ganz ebenso räumlich nebeneinander aufschreibt, wie die Wachswalze des gewöhnlichen Phonographen die Schwingungen der Membran.

Das überraschende ist, dass die Anordnung eine genügende Intensität der Wirkung erzielen lässt. — Bei der Wiedergabe wird an Stelle des Mikrophons ein Telephon geschaltet und der Draht in gleicher Weise zwischen den Polen des Elektromagneten hindurch gezogen. Jetzt induzieren die verschieden stark magnetisierten Stellen des Drahtes entsprechende Stromoscillationen, die sich im Telephon in Schallwellen umsetzen.

Über die Konstruktion der Apparate berichtet die Elektrotechnische Zeitschrift[1]) etwa folgendes: Eine Ausführungsform besteht darin, dass auf eine Walze ein etwa 1 mm dicker Stahldraht in einer Nut schraubenförmig aufgewunden ist.

Als Schreiber dient ein kleiner Doppelelektromagnet, dessen weicher Eisenkern etwa 1 mm Durchmesser besitzt. Die freistehenden Polenden des Doppelelektromagneten sind so angeordnet, dass sie den Draht umfassen.

Wird der Apparat in Betrieb gesetzt, so schiebt die Walze selbstthätig den auf dem aufgewundenen Draht schleifenden Doppelelektromagneten weiter. Vor dem Schreiben wird durch den Elektromagneten ein konstanter Strom geschickt; derselbe bewirkt, dass der Draht quer zu seiner Längsrichtung gleichmässig magnetisiert wird. Beim Schreiben selbst wird derselbe Doppelelektromagnet von den in der Sekundärwicklung der Mikrophon-Induktionsspule erzeugten Induktionsstössen umflossen; dabei wird der remanente Magnetismus des Stahldrahtes bald verstärkt, bald geschwächt, entsprechend den an der Mikrophonmembran erregten Schallschwingungen. Will man das auf diesem Wege magnetisch fixierte Gespräch u. s. w. wiederholen lassen, so hat man nur den Elektromagneten von neuem über den Draht laufen zu lassen und an Stelle des Mikrophons ein Telephon in den Stromkreis einzuschalten.

Man kann das Gespräch beliebig oft wiederholen, ohne das eine wesentliche Schwächung zu bemerken ist.

Soll der Draht für ein neues Gespräch aufnahmefähig gemacht werden, so schickt man durch den Elektromagneten einen Gleichstrom; dadurch werden die in dem Draht vorhandenen magnetischen „Berge und Thäler“ nivelliert.

An Stelle des Drahtes kann man auch mit Vorteil Stahlbänder anwenden, welche man dann wie Papierstreifen beim Morseapparat aufwickelt.

Eine dritte Form dient dazu, eine Nachricht mehreren Teilnehmern gleichzeitig zukommen zu lassen.

Ein, in sich geschlossenes Stahlband läuft gespannt über zwei rotierende Axen; zuerst passiert dasselbe den Schreibelektromagneten, sodann eine Reihe von Hörelektromagneten und zuletzt einem Löschelektromagneten, der das aufgezeichnete Gespräch sofort wieder „wegmagnetisiert“. Der mit dem Erfinder zusammenarbeitende Ingenieur Pedersen hat die Poulsensche Erfindung in geistvoller Weise modifiziert, sodass man auf einem Drahte zwei Gespräche aufzeichnen kann, derart, dass man jedes einzelne derselben ungestört durch das andere abhören kann. Er verwendet zwei hintereinander geschaltete, im übrigen völlig gleiche Elektromagnete. Nachdem durch dieselben ein Gespräch auf dem Draht fixiert ist, wird die Stromrichtung in dem einen Elektromagneten umgekehrt.

Würde man jetzt den Apparat wiedergeben lassen, so würde man an einem eingeschalteten Telephon nichts hören können, da die in den Windungen des einen Elektromagneten erzeugten Induktionsströme gleich gross und entgegengesetzt denen des anderen wären; beide würden sich völlig aufheben.

Man kann also in dieser Stellung ein zweites Gespräch auf den Draht schreiben, welches andrerseits bei der ersten Schaltung nicht wiedergegeben werden könnte. Je nachdem man bei der Wiedergabe das erste oder zweite Gespräch zu hören wünscht, hat man den einen Elektromagneten in seiner ursprünglichen Stellung zu belassen oder ihn umzukehren.

Hört man nur durch einen Elektromagneten, so hört man beide Gespräche gleichzeitig.

Diese Pedersensche Anordnung kann dazu dienen, auf einer Fernsprechleitung gleichzeitig zwei Gespräche zu führen.

Nach dem Gesagten bedarf es keines Hinweises mehr auf die praktische Wichtigkeit

1) „E. T. Z.“ 1900, Heft 20.

der Poulsenschen Erfindung. Wenn es gelingt, die auf diesem Wege hervorgerufenen Änderungen des remanenten Magnetismus genügend stark zu machen, so ist eine grosse Umwälzung auf telephonischem Gebiete zu erwarten.

Die in die Öffentlichkeit gelangten Urteile über die praktischen Ergebnisse der telegraphonischen Apparate sind ausserordentlich günstig; der Einführung in die Praxis scheint nichts mehr im Wege zu stehen; das Telegraphon soll die Laute mit der Deutlichkeit und Reinheit des Telephons wiedergeben.

Es ist vielleicht interessant zu bemerken, dass schon Edison kurz nach Erfindung des Telephons eine Methode ersonnen hatte, um das gesprochene Wort mittelst des Ferntöners aufzuzeichnen, allein seine Methode, einen Papierstreifen am Rande auszacken zu lassen, war viel zu roh, um günstige Resultate zu erzielen.

Aus dieser Edisonschen Anordnung ist der mechanische Phonograph hervorgegangen.

E.

(Eingegangen 31. Mai 1900.)

BESPRECHUNGEN.

P. Drude, Lehrbuch der Optik. Leipzig, Verlag von S. Hirzel. 1900. Gebunden M. 11.20.

Infolge der rapiden Fortschritte, welche die Optik in den letzten Jahren gemacht hat, sind die älteren Lehrbücher veraltet; das auf modernen Anschauungen aufgebaute „Lehrbuch der Optik" von P. Drude wird daher vielen willkommen sein.

Der Lehrgang des Buches ist ein synthetischer. Er beginnt mit der geometrischen Optik, wobei die geradlinige Fortpflanzung der Strahlen, die Unabhängigkeit der Teile des Lichtbündels von einander, das Reflexionsgesetz und das Brechungsgesetz als fundamentale Erfahrungsthatsachen an die Spitze gestellt werden.

Die „Physikalische Optik" zerfällt in drei Abschnitte. Der erste Abschnitt behandelt die Fortpflanzung, Interferenz, Beugung und Polarisation des Lichtes. Hier gelangt der Leser zur Auffassung des Lichtes als einer periodischen Zustandsänderung, die sich in transversalen Wellen mit einer endlichen Geschwindigkeit fortpflanzt. Von neueren Forschungsergebnissen haben hier insbesondere Sommerfelds exakte Behandlung der Beugung am Rande einer „vollkommen blanken" Halbebene, und Michelsons Glasplattenstaffeln Berücksichtigung gefunden.

Erst im zweiten Abschnitte gelangt die elektromagnetische Lichttheorie zur Geltung. Ihre Vorzüge treten bei der Behandlung der Reflexion und Brechung an der Grenze isotroper Medien hervor, noch schärfer aber in der Krystalloptik. Sie umfasst die älteren mechanischen Theorien, die sich ergeben, indem man als Lichtvektor die magnetische Kraft, die elektrische Kraft, oder die elektrische Strömung interpretiert und zeigt so, dass alle diese Theorien zu demselben Endziel führen müssen. Der Theorie der Dispersion legt der Verfasser mit Helmholtz die Annahme von Ionen zu Grunde, welche, durch die elektrischen Kräfte der Lichtwellen angeregt, der Differentialgleichung des gedämpften Pendels gemäss Schwingungen um ihre Gleichgewichtslage ausführen. Für Nichtleiter führt diese Annahme zu dem vom Verfasser selbst früher aufgestellten Erklärungssystem. Die Dispersion der Metalle dagegen wird durch „Leitungsionen" gedeutet, die zwar träge Masse aber keine feste Gleichgewichtslage besitzen (s. Phys. Zeitschr. S. 161, Jan. 1900). Auch der Magnetooptik wird die Ionentheorie zu Grunde gelegt, indem die, nach Ampère, in paramagnetischen und diamagnetischen Körpern zirkulierenden Molekularströme als rotierende Ionenladungen gedeutet werden. Trifft eine Lichtwelle auf diese Ionen, so sind zwei Einflüsse zu berücksichtigen. Einerseits werden die Mittelpunkte der Ionenbahnen durch die elektrischen Kräfte der Lichtwelle periodisch hin und her geschoben; die magnetischen Kraftlinien werden mit verschoben und rufen so eine Induktionswirkung hervor. Andererseits erfahren die von der Lichtwelle in Schwingungen versetzten Ionen, die ja elektrischen Strömen äquivalent sind, im magnetischen Felde Ablenkungen. Je nachdem man nur den ersten oder nur den zweiten Einfluss in Rechnung zieht, gelangt man zur Hypothese der Molekularströme oder des Hall-Effekts. Letztere Hypothese führt zu den Differentialgleichungen, durch die W. Voigt den inversen Zeemann-Effekt sowie die magnetische Doppelbrechung erklärte; erstere ist

zur Darstellung der magnetooptischen Eigenschaften von Eisen, Kobalt und Nickel heranzuziehen, sowie überhaupt solcher Effekte, die durch Verstärkung des äusseren Feldes nicht über einen endlichen Grenzwert hinaus zu steigern sind, d. h. die nicht der magnetischen Induktion, sondern der Magnetisierung proportional sind. Fehlt das äussere magnetische Feld, so pflanzen sich, wie der Verfasser zeigt, die Lichtwellen so fort, als ob die magnetische Permeabilität gleich 1 wäre; ein merklicher magnetooptischer Effekt des Magnetfeldes der Lichtstrahlen selbst wäre nicht einmal beim Eisen zu beobachten, auch wenn die Magnetisierung den schnellen Wechseln des Magnetfeldes folgen könnte. Wie man sieht, hat der Verfasser hier eine Reihe neuer Resultate niedergelegt. Das letzte Kapitel des zweiten Abschnittes enthält eine Darstellung der optischen Erscheinungen in bewegten Körpern, nach der Theorie von H. A. Lorentz, welche den Äther als ruhend und nur die ponderablen Massen mit den an ihnen haftenden Ionen als beweglich annimmt; hier werden die Fragen erörtert, die noch jüngst auf dem Naturforschertage in Düsseldorf das Interesse der Physiker in Anspruch nahmen.

Der dritte Abschnitt endlich behandelt die Strahlung der Körper vom thermodynamischen Standpunkte aus. Er enthält die fundamentalen Untersuchungen von Kirchhoff, sowie die neueren, auf die Ermittelung der Strahlung des vollkommen schwarzen Körpers hinzielenden Arbeiten. Bei den Anwendungen der Thermodynamik spielt hier bekanntlich der Druck der Strahlung eine grosse Rolle; der Verfasser ersetzt nun den von Maxwell für die Existenz dieses Druckes gegebenen Beweis durch einen neuen, der dem Referenten nicht verständlich geworden ist. Nach der Überzeugung des Referenten ist es unmöglich, den Strahlungsdruck theoretisch zu begründen, ohne auf die im elektromagnetischen Felde wirksamen ponderomotorischen Kräfte zurückzugehen, und gerade die aus der Existenz des Strahlungsdruckes von L. Boltzmann und W. Wien gezogenen Folgerungen gehören zu den schönsten Errungenschaften, die wir der elektromagnetischen Lichttheorie verdanken. — Der Abschnitt schliesst mit einer Diskussion des über Luminiszenz, Fluoreszenz und Verbreiterung der Spektrallinien Bekannten.

Wie aus dieser Inhaltsübersicht hervorgeht, giebt das neue Lehrbuch eine vollständige Darstellung der experimentellen Resultate und der mit ihnen in Verbindung stehenden theoretischen Entwickelungen. Leider wird daneben ein wichtiges Anwendungsgebiet der Optik vernachlässigt, die Lichterscheinungen der Atmospäre. Sind die Fragen, welche die Theorie des Regenbogens, die Farbe und Polarisation des Himmelslichtes betreffen, etwa darum von geringerem Interesse, weil sie der theoretischen Optik nicht von dem experimentierenden Physiker, sondern von der Natur selbst gestellt werden?

Göttingen, den 25. Mai 1900.

Dr. M. Abraham.

(Eingegangen 26. Mai 1900.)

Personalien.

Ende Mai starb in Steglitz der Abteilungsvorsteher des Geodätischen Instituts zu Potsdam Professor Dr. Moritz Löw im 59. Lebensjahre.

Der Dozent für Physik an der Technischen Hochschule zu Berlin Professor Dr. Rubens ist zum etatsmässigen Professor an dieser Anstalt ernannt worden.

An der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Tübingen ist mit Beginn des laufenden Sommersemesters ein Lehrstuhl für technische Chemie errichtet und Professor Dr. Bülow übertragen worden.

Gesuche.

Owens College, Manchester. A Research Fellowship in Pure or Applied Physics of the value of £ 100 is offered. Candidates must give evidence of being able to conduct an independent research, state if possible the nature of the research they intend to pursue and give particulars of their previous training and education. Preference will be given to the subject of Elektro Chemistry or Electrotechnics.

Applications should be sent in to the Registrar, from whom details of conditions may be obtained, not later than Juli 7th.

S. Chaffers, Registrar.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.